



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap

Anpassningsförmåga till klimatförändringar hos kor

Adaptability to climate change in cattle

Stina Emriksson



Självständigt arbete • 15 hp

Husdjursagronom

Uppsala 2019

Anpassningsförmåga till klimatförändringar hos kor

Adaptability to climate change in cattle

Stina Emriksson

Handledare: Elisabeth Jonas, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjursgenetik

Examinator: Erling Strandberg, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjursgenetik

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap

Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Kurskod: EX0865

Program/utbildning: Husdjursagronom

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Gabriela Bottani Claros

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Anpassningsförmåga, Klimatförändringar, Värmestress, Värmetolerans, *Bos indicus*, *Bos taurus*

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för husdjursvetenskap

Sammanfattning

Syftet med litteraturstudien är att undersöka skillnaderna mellan kons underarter och se vad det finns för åtgärder för att anpassa dem för framtida klimatförändringar. I dagsläget bedöms klimatförändringarna leda till högre temperaturer globalt som kan resultera i värmestressade kor. De höga temperaturerna och den höga luftfuktigheten resulterar i en icke-funktionell värmeavgivningen från kons kropp som därefter orsakar värmestress. Värmestress kan resultera i en minskning av foderintag, tillväxt, fertilitet, och produktionseffektivitet, och det är därför viktigt för kon att hålla sin kroppstemperatur på en jämn nivå. *Bos indicus* och *Bos taurus* är underarter till uroxen (*Bos primigenius*) där *Bos indicus* anpassat sig till varma klimat medan *Bos taurus* främst avlats för en hög mjölkavkastning och tillväxt. Studier visar på att *Bos indicus* höga värmeterolerans främst orsakas av dess mindre kroppsytta, effektiva svettkörtlar, ljusa päls, låga metabolism och bra förmåga att avleda värme. För att anpassa *Bos taurus* till de höga temperaturer finns det lösningar genom skötsel och hantering eller korsningsavel och genomisk selektion där valet av åtgärd beror på gårdens egna resurser. Samtidigt som klimatförändringarna orsakar högre temperaturer globalt ökar också konsumtionen och efterfrågan på kött och mejeriprodukter främst i utvecklingsländer. Från den information som publicerats i denna litteraturstudie dras slutsatsen att *Bos taurus* behöver bättre värmeterolerans för att klara av de framtida klimatförändringarna.

Abstract

The purpose of this study was to examine the differences between cattle subspecies and identify measures to adapt them for future climate changes. At present, climate change is expected to lead to higher temperatures globally, which can result in heat stressed cattle. The high temperature and the high humidity results in a nonfunctional heat release from the body of the cow, which subsequently causes heat stress. Heat stress can result in decrease in food intake, growth, fertility and production efficiency and it is therefore important for the cow to keep the body temperature at an even level. *Bos indicus* and *Bos taurus* are subspecies of the aurochs (*Bos primigenius*) where *Bos indicus* is adapted to warm climates while *Bos taurus* is bred for high milk yields and growth. Studies show that the high heat tolerance of *Bos indicus* is mainly caused by its smaller body surface area, effective sweat glands, light coat, low metabolic rate and the ability to dissipate heat. To adapt the *Bos taurus* to the high temperatures there are solutions through care and handling or crossbreeding and genomic selection where the choice of measure depends on the farm's own resources. While climate change causes higher temperatures globally, consumption and demand for meat and dairy products increase in developing countries. From the information published in this literature study, it is concluded that *Bos taurus* need more heat tolerance to cope with the future climate change.

Introduktion

Klimatförändringarna kommer resultera i högre temperaturer globalt (Karl & Trenberth, 2003) vilket erbjuder möjligheter men även utmaningar och osäkerhet för avkastningen, djurvälfärden och ekonomin på gården (Skuce *et al.*, 2013). Om korna inte är anpassade för ett varmare klimat kan de drabbas av värmestress som beskrivs som ett resultat av en obalans mellan producerad och förlorad värme till omgivningen. De värmestressade korna kan därefter drabbas av en minskning i foderintag, tillväxt, fertilitet och produktionseffektivitet (Brown-Brandl, 2018). Nötkreaturen har två underarter, *Bos taurus* och *Bos indicus*, som skiljer sig åt beträffande värmetolerans på grund av deras fysiologiska och metaboliska egenskaper (Hansen, 2004).

Enligt studien gjord av Godfray *et al.* (2010) kommer världens population förväntas bli 9 miljarder år 2050, vilket är korrelerat med en ökad efterfråga och konsumtion av kött och mjölkprodukter. FAO (2011) menar att den beräknade köttkonsumtionen världen över förväntas stiga med 73% samtidigt som mjölkkonsumtionen förväntas öka med 58% till år 2050. Enligt Gaughan *et al.* (2010) finns ungefär 82% av världens population av kor i utvecklingsländerna. En ökande efterfrågan på främst kött i utvecklingsländerna har därmed lett till en intensifiering av industrialiseringen av produktionen. Det är i och med detta extra viktigt att anpassa korna till klimatförändringarna för att de ska må och producera bra (Gaughan *et al.*, 2010).

Syftet med litteraturstudien är att undersöka värmestress hos kor och hur klimatförändringarna kan bidra till värmestressen. Arbetet går också in på skillnaderna mellan kons underarter angående graden av värmetolerans och vad det finns för åtgärder för att anpassa dem för de framtida klimatförändringar.

Litteraturgenomgång

Klimatförändringar

Det finns en stor osäkerhet i den förväntade hastigheten på klimatförändringarna vilket med största sannolikhet kommer att uttryckas genom extrema höjningar i temperaturen (Karl & Trenberth, 2003). Enligt samma studie kan förändringshastigheten till ett varmare klimat saktas ned men det är osannolikt att det sker under 2000-talet, alltså innan år 2100. Det tar många decennier innan förändringarna ger resultat eftersom växthusgaserna stannar i atmosfären och ackumuleras. Uppvärmningen kommer fortfarande ske men kan avstannas genom snabba ageranden för att minska utsläppen av växthusgaser (Karl & Trenberth, 2003).

Klimateffekterna kan leda till allvarliga konsekvenser vilket Europakommissionen (2016) menar kan förhindras genom att begränsa temperaturhöjningen till högst två grader jämfört med före industrialiseringen som var i slutet av 1700-talet. För att nå detta mål behöver EU minska utsläppen av växthusgaserna med 60% till år 2050 (European commission, 2016). Enligt Sanderson *et al.* (2011) är det nuvarande nationella arbetet för minskningen av utsläppen inte tillräckligt för att hålla temperaturökningen under två grader. Samma studie menar att den globala temperaturen steg med 0,5 grader mellan år 1980 och 1999 och de nuvarande klimatprognoserna förväntas därför ligga inom intervallet 1,6 till 6,9 grader ökning innan år 2100. Temperaturhöjningarna är inte lika stora världen över utan det finns en geografisk

variation. Till exempel förväntas Nordafrika uppleva en ökning med 6 grader under slutet av 2000-talet och i södra Europa och Centralasien förväntas temperaturen höjas med 6 till 8 grader, vilket kommer resultera i torrare jordar och sämre skörd (Sanderson *et al.*, 2011).

Mellan år 1991 och 2015 skedde en temperaturökning i Sverige på 1,7 grader (Bernes, 2016). Bernes (2016) menar att temperaturen uppvisat 35 grader i södra Sverige under de mest extrema somrarna. Samma studie menar att klimatförändringarna i framtiden kan leda till att temperaturerna i södra Sverige under sommaren når uppåt 40 grader, vilket aldrig tidigare registrerats i Sverige. Det finns alltså inga erfarenheter av denna höga temperatur i Sverige och hur det påverkar omgivningen och korna (Bernes, 2016). Studien menar att norra Sverige kommer ha en ökad årsmedeltemperatur på 3 - 4 grader i slutet av 2000-talet. Sydeuropa kan förväntas drabbas av ökenhetta på grund av klimatförändringarna och i Spanien skulle sommartemperaturerna kunna stiga till 50 grader, medan de i Nordafrika kan stiga till uppåt 60 grader. Dessa temperaturer har aldrig förekommit någonstans på jorden tidigare (Bernes, 2016).

Det finns en indirekt följd av klimatförändringarna genom en ökad vatten- och foderkostnad och en ökad risk för sjukdomar (St-Pierre *et al.*, 2003). Den ekonomiska inverkan på klimatförändringarna i relation till produktionsdjuren har jämförts i flera olika studier (St-Pierre *et al.*, 2003; Sackett *et al.*, 2006) där de kommer fram till att de ekonomiska förlusterna kommer inträffa om nuvarande system, gällande avel och skötsel, inte modifieras till klimatförändringarna.

Värmestress hos kor

Instrålningen av värme från solen och kons egna värmeproduktion orsakar värmestress. Kon kommer då producera mer värme än den förlorar till omgivningen (Brown-Brandl, 2018). Vid höga temperaturer och hög relativ luftfuktighet (RH) kommer inte värmeavgivningen från kroppen att fungera vilket leder till värmestress (Kendall *et al.*, 2006). Under värmestress fungerar inte kroppens funktioner normalt och det är då viktigt att hålla kroppstemperaturen på en jämn nivå med värmebalans. För att upprätthålla en värmebalans bör den tillförda energin via till exempel foder och solstrålning förbrukas av djuret till produktion, underhåll och tillväxt (Blackshaw & Blackshaw, 1994). När kon inte längre klarar av att göra sig av med tillräckligt mycket värme kommer foderintaget minska som leder till en minskning i mjölkavkastningen (Hahn, 1995). För att upprätthålla kroppstemperaturen på en nivå där kroppsfunktionerna fungerar uppvisar kon främst två fysiologiska reaktioner (Schütz *et al.*, 2009). Den första reaktionen är svettning och flämtning genom evaporation, medan den andra reaktionen är beteendemässig som att gå och lägga sig i skuggan eller dricka mer vatten (Ingram & Dauncey, 1985). Värmeökningen påverkas av både ämnesomsättningen och miljön där värmeförlust uppstår när mjölk, avföring och urin avlägsnas från kroppen, men också genom strålning, ledning, konvektion och avdunstning (Fuquay, 1981). Graden av värmestress beror på kornas individuella mottaglighet där de avgörande faktorerna kan vara deras pälsfärg, kön, art (*Bos indicus*, *Bos taurus*), ras, temperament, hälsa och behandlingshistoria, tidigare exponering, pälstjocklek och ålder (Brown-Brandl, 2018).

Värmestress upptäcks ofta genom att till exempel mäta rektaltemperaturen som normalt befinner sig mellan 38,3 och 39,4 grader (Hicks *et al.*, 2001). För att bedöma risken för

värmestress hos kon används temperaturfuktighetsindex (THI) som är den kombinerade effekten av omgivningstemperatur och RH (Veterinary handbook, 2019). Samma källa menar att kons minskning i mjölkavkastningen och kvaliteten på slutprodukten beror på att en stor del av energin som härrör från fodret används för att upprätthålla en konstant kroppstemperatur och att energin då inte är avsett för andra aktiviteter som mjölkproduktion, tillväxt och dräktighet med mera. Det finns flera olika formler för att beräkna THI med den mest använda är följande:

$$THI = 0,8 * T + RH * (T - 14,4) + 46,4$$

T i formeln står för omgivningstemperaturen i Celsius. Veterinary handbook (2019) menar att koncentrationen av vattenångan i luften är viktig då den drastiskt kan minska kons förmåga att använda evaporation genom huden och lungorna. Figur 1 visar att nötkreaturen kan tolerera en högre temperatur vid en lägre luftfuktighet eftersom de då kan avge värme bättre via svettning. Figuren visar också på att korna upplever en värmestress vid ett THI på 72 och högre. Graderna av värmestress separeras i mild (72 till 78 THI) allvarlig (79 till 88 THI) och väldigt allvarlig (89 eller högre THI). Vid ett THI över 78 kommer kons mjölkproduktion att påverkas allvarligt och vid en väldigt allvarlig värmestress kan kon tillslut dö (Veterinary handbook, 2019).

Temperatur C°	RH																
	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
25	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	Mild värmestress
26	70	71	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76	77	78	78	79	
27	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	77	78	79	79	80	81	
28	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82	Allvarlig Värmestress
29	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	83	84	
30	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86	
31	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	Väldigt allvarlig värmestress
32	76	77	78	79	80	81	82	83	83	84	85	86	87	88	89	90	
33	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	90	91	
34	79	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	Kon dör av värmestress
35	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	
36	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	94	95	96	97	
37	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	96	97	99	
38	83	84	85	86	87	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100	
39	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	97	99	100	101	102	
40	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	98	99	100	101	103	104	Kon dör av värmestress
41	86	87	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	102	103	104	106	
42	87	88	90	91	92	94	95	97	98	99	101	102	103	105	106	108	
43	88	89	91	92	94	95	97	98	99	101	102	104	105	107	108	109	
44	89	90	92	93	95	96	98	99	101	102	104	105	107	108	110	111	

Figur 1: Figur modifierad från Veterinary handbook (2019). Figuren visar en koppling mellan omgivande temperatur och RH som utgörs av THI. Olika grad av värmestress hos kon kan avläsas beroende på de olika THI värdena.

Underarter

Uroxen (*Bos primigenius*) är stamfadern till dagens ko där domesticeringen av kon inträffade runt 7000 år f.Kr. vilket genererade flera tusen olika koraser och variationer inom raserna. Kornas fruktsamhet, reproduktion, mjölkavkastning, mjölkkomposition och tillväxt anpassades därmed utefter människans efterfrågan (Vuure, 2005). *Bos primigenius* har två underarter, *Bos taurus* och *Bos indicus*. *Bos taurus* avvek från *Bos indicus* mellan 110 000 och 850 000 år sedan vilket resulterade i en separat utveckling (Hansen, 2004). *Bos primigenius* finns inte längre utan dog ut för ca 2000 år sedan (Bradley *et al.*, 1996).

Värmetolerans hos underarterna

Bos indicus

Bos indicus härstammar från Indien och spreds därefter vidare till sydöstra Asien och Afrika. Deras höga värmetolerans gör det möjligt för dem att överleva i de tropiska länderna (Naik, 1978). Raserna som används i störst utsträckning är Brahman, Sahiwal, Röd Sindhi, Tharparkar, Kankrei, Kankrej, Gir, Kenana och Butana (FAO, 2019). De har en sen könsmodnhet med en variation på 15,6 månaders ålder till 40 månaders ålder, med en dräktighetsperiod på 290 dagar till mer än 300 dagar (Chenoweth, 1994). De tar även lång tid på sig att bli brunstiga efter kalvning och tenderar att ha en lång reproduktionslivslängd med starka modersegenskaper (Chenoweth, 1994). Hansen (2004) menar att *Bos indicus* inte upplever en lika stor minskning som *Bos taurus* av foderintaget, tillväxthastigheten, mjölkavkastningen och reproduktiva funktioner under värmestress. Samma studie visar också på att *Bos indicus* spermakvalitet är mindre påverkad av värmen.

Bos indicus höga värmetolerans beror främst på deras effektiva svettkörtlar, fysiologiska egenskaper, deras låga metaboliska värmeproduktion och höga förmåga att avleda värme. *Bos indicus* metaboliska process genererar en mindre mängd värme på grund av deras effektiva digestion och höga smältbarhet. Effektiviteten i digestionen gör att kons näringsbehov och foderintag är relativt lågt. Detta är fördelaktigt i länder där det är brist på foder med hög kvalitet såsom i många utvecklingsländer (FAO, 1987). Deras höga densitet av svettkörtlar ökar värmeförlusterna via avdunstning som underlättas av deras korta och släta päls. Ytterligare fysiologiska egenskaper för värmetoleransen är deras kroppsstorlek, kroppsform och kroppsytta. De har en relativt liten kroppsstorlek och total kroppsytta vilket bidrar till en mindre yta för solstrålningen. Deras kroppsform är triangulär och skapar därmed en större möjlighet till att reflektera värme och avdunsta svetten från huden (Behl *et al.*, 2010). Den ljusa, släta och glansiga pälsen reflekterar bort mer solstrålar och absorberar mellan 40 till 50% mindre strålning än mörk päls (Hansen, 2004). *Bos indicus* är lågproducerande kor där potentialen för mjölkproduktion är dåligt utvecklad med en låg mjölkavkastning. De släpper heller inte ner mjölken om de inte stimuleras av en kalv, vilket gör dem dåligt anpassade till moderna mjölkningsrutiner (Toledo-Alvarado & Madalena, 2016). Anpassningsförmågan till ett varmare klimat beror också på deras resistens mot fästingar och de sjukdomar fästingarna förmedlar (FAO, 1987).

Bos taurus

Bos taurus är den mest använda underarten globalt och förekommer till exempel i Europa likaså som i Nordafrika (Bradley *et al.*, 1998). Det finns en stor variation av raser inom *Bos taurus* som till exempel de kontinentala raserna (Charolais och Simmental), den brittiska rasen (Hereford) de specialiserade raserna inom mjölkproduktion (Holstein och Jersey) och köttproduktion (Angus), samt de med dubbla ändamål (Brown Swiss) (O'Neill *et al.*, 2010). Holstein är den mest spridda rasen globalt och finns i 150 länder (FAO, 2019). *Bos taurus* rasernas päls är oftast tjock och tät med stor variation från kort till lång med färger från svart och vit till brun och röd (Rath, 1998). Kvigorna blir köns mogna runt 12 månaders ålder och har en dräktighetsperiod på cirka 280 till 285 dagar (Chenoweth, 1994).

Bos taurus karaktäristiska egenskaper är produktionsegenskaper med en hög mjölkavkastning, lång laktationsperiod, hög mörhet och hög tillväxt (FAO, 2019). Arten är bra anpassad till moderna mjölkningssystem på grund av deras förmåga att släppa ned mjölk utan stimulans från en kalv och för att de är lätthanterliga och inte lika aggressiva som *Bos indicus* (Bradley *et al.*, 1998). De har en stor kroppsvikt och total kroppsytta vilket gör att strålningen från solen får en större kontaktyta (Behl *et al.*, 2010). Hansen (2004) antyder att den minskade mjölkavkastningen på grund av värmestress delvis beror på det minskade foderintaget som inträffar. Studien genomfördes genom att tillhandahålla fodertillskott via en fistel i kon vilket minskade påverkan på avkastningen hos de värmestressade korna. Hansen (2004) menar också att sammansättningen på fodret kan öka mjölkavkastningen genom att ge kon långsamt smältbara spannmål som till exempel majs. Den metaboliserade energin kommer då minska vilket resulterar i en minskad värmeproduktion i kroppen (Hansen, 2004).

Bos taurus är högproducerande och har en hög metabolisk värmeproduktion på grund av ett högre energiintag och en värmeproduktion under mjölksyntesen. Den är då mer mottaglig för värmestress än en lågproducerande ko som *Bos indicus* (Kadzere *et al.*, 2001). Deras låga anpassningsförmåga till varmare klimat beror på deras tjocka och täta päls som hos många raser är mörk. En svart Holstein absorberar 92% av solstrålningen, vilket är dubbelt så mycket som till exempel en vit Charolais (Becerril *et al.*, 1993). Brown-Brandl (2006) undersökte skillnaderna mellan olika raser och kom fram till att Angus är mer mottaglig för värmestress än Charolais på grund av sin mörka päls. Angus uppvisade en högre andningshastighet (96,6 andetag per minut) under värmestress än Charolais (80,7 andetag per minut). En studie av McManus *et al.* (2009) visade att kor med tjock päls hade högre svettningssfrekvens, rektal temperatur och andningsfrekvens, i likhet med kor med mörkare päls och mörkare hudfärg. Johnson (1980) menar att kor med tjockare och tätare päls har svårare att eliminera värmen via evaporation som resulterar i att foderintaget, metabolismen, kroppsvikten och mjölkavkastningen minskar för att upprätthålla värmebalansen i kroppen.

Raserna inom *Bos taurus* skiljer sig åt angående graden av värmetolerans. En undersökning genomfördes av Hammond *et al.* (1996) för att bestämma värmetoleransen bland de tempererade *Bos taurus* raserna (Angus och Hereford), *Bos indicus* rasen (Brahman), de tropiska *Bos taurus* raserna (Senepol och Romosinuano) och korsningarna mellan Hereford och Senepol. Senepol är en *Bos taurus*-ras utvecklad på St. Croix nära den Dominikanska

Republiken, medan Romosinuano ursprungligen kommer från Colombia. Under den varmaste dagen uppmättes rektaltemperaturen hos Anguskorna vara högre än hos Brahman, Senepol och Romosinuano. Rektaltemperaturen hos korsningarna mellan Hereford och Senepol var nästan lika låg som hos Senepol. Anguskorna hade en snabbare andningshastighet än Brahman, Romosinuano och Senepol, medan Brahman hade en signifikant lägre andningsfrekvens än Romosinuano och Senepol. Resultatet av denna studie visar att *Bos taurus*-raserna Senepol och Romosinuano är värmeteranta och att Senepol kan upprätthålla en konstant kroppstemperatur i en varm miljö (Hammond *et al.*, 1996).

Lösningar för värmeterans

Skötsel och hantering

Lösningarna och åtgärderna som tas upp i arbetet är skötsel, hantering, korsningsavel och genomisk selektion. När en ko som är anpassad till ett visst område och klimat kommer utanför detta område måste en del av deras metaboliserade energi avledas för att säkerställa värmebalansen (McDowell, 1996). Den metaboliserade energin används till mjölkproduktion eller tillväxt och detta är då en av orsakerna till varför selektion för värmeterans resulterar i minskad mjölkavkastning. Således går det snabbare och lättare för lantbrukaren att öka mjölkavkastningen och förhindra värmestress hos gårdens kor genom att förändra miljön korna lever i än att förändra kornas gener genom avel och selektion (McDowell, 1996).

Värmestressen minskar genom att erbjuda korna kylningssystem som till exempel skugga, fläktar, ventilationssystem och sprinklers. Rutinerna på gården beträffande mjölkningen kan ändras genom att mjölkningen flyttas till kvällarna när det är svalare. Detta förutsätter dock att korna inte mjölkas i automatiska mjölkningsrobotar då korna själva bestämmer när de ska mjölkas (Garner *et al.*, 2016). En annan lösning är att använda sig av mjölkningssystem med kylare och dammar för att svalka korna och att ha tillgänglighet att hålla korna inomhus under de varmaste dagarna (Toledo-Alvarado & Madalena, 2016). En studie av Thatcher (1974) visade att ladugårdar med luftkonditionering resulterade i 10% mer mjölk per ko och dag än om kon var värmestressad. Ett ytterligare system är att erbjuda korna skugga genom att införskaffa byggnader eller berikning av träd (Eigenberg *et al.*, 2010). Ett förekommande problem med kor med värmestress är under långa transporter som går att minska genom att flytta korna kortare sträckor och genom att använda kylningssystem i transporterna (Mader *et al.*, 2005).

Trots framgångarna med kylsystemen uppstår problem med användandet (Polsky & von Keyserlingk, 2017). För det första krävs, beroende på besättningen storlek, stora volymer av vatten för kylning med till exempel sprinklers, plus att dessa system genererar stora mängder avloppsvatten som måste hanteras. Sprinklersystemets vattenanvändning kan sträcka sig från 215 liter per ko och dag till 454 liter, vilket kan bli ekonomiskt och miljömässigt ohållbart i framtiden (Polsky & von Keyserlingk, 2017).

Avel

Avelsprogrammen har gjort det möjligt för korna att möta de specifika rollerna människan vill åt. Under de senaste decennierna menar O'Neill *et al.* (2010) att *Bos taurus* i de

industrialiserade länderna blivit utsatta för avelsprogram som inte är hållbara för framtiden då de har blivit avlade med ett högt fokus på avkastning istället för toleransen till det förändrade klimatet. Wolfe *et al.* (2008) menar att de befintliga högavkastande raserna kommer behöva byta ut sina egenskaper eller att lantbrukaren byter ut raserna under de kommande 30 åren.

Gaughan *et al.* (2010) menar att de begränsande faktorerna för användandet av *Bos indicus* i korsningsavel är deras låga mjölkavkastning, korta laktationsperiod, låga tillväxt, dåliga mörhet, sena könsmognad, korta brunst och dåliga temperament. Samma studie menar att en korsningsavel med hög andel av *Bos indicus*-rasen Brahman ökar värmeteroleransen hos avkomman. Studien visar att en korsning mellan Brahman och Hereford, som är 50% *Bos indicus*, uppvisade värmeterolerans liknande en renrasig Brahman. Gaughan *et al.* (2010) såg dock att en korsning mellan en Charolais och en Brahman (50% *Bos indicus*) inte var lika värmeteroleranta som en korsning av Brahman och Hereford fastän denna också är 50% *Bos indicus*. Värmeteroleransen hos avkomman beror alltså på *Bos taurus*-raserna som korsas med *Bos indicus* och de olika egenskaperna som framträder hos dessa (Gaughan *et al.*, 2010).

Ytterligare en strategi för anpassning till värmeterolerans är genom genomisk selektion. Genomisk selektion går ut på att kartlägga vilka gener som är kopplade till värmestress hos kon och sedan skattar toleransen för värmestress hos individen. Därefter avlas de individer som uppvisar en högre värmeterolerans vilket ökar det genetiska framsteget hos avkomman. Detta kan således öka kornas motståndskraft mot värmestress vilket ger en bättre hållbarhet både produktionsmässigt och klimatomässigt (Garner *et al.*, 2016). Carabaño *et al.* (2019) menade att genomisk selektion är en effektiv strategi som möjliggör en snabb genetisk förbättring. För att strategin ska vara effektiv är det nödvändigt att ha en djup kunskap angående den genetiska grunden för kons respons på värmestress. Valet av strategi lantbrukaren kan använda sig av för att anpassa besättningen till de högre temperaturerna beror på tillgängliga resurser gällande näring, förvaltning och investeringskapacitet (Carabaño *et al.*, 2019).

Alternativet som används mest globalt är korsningsavel främst för att öka mjölkavkastningen hos *Bos indicus* (McDowell, 1996). Genom korsningsavel har Indien ökat sin mjölkavkastning med 4 till 6% under de senaste 20 åren. Indien är det landet i världen som använder korsningsavel i störst utsträckning för att öka mjölkavkastningen, medan Afrika använder det minst (McDowell, 1996).

Diskussion

Samtliga studier som nämns i arbetet visar på att klimatförändringarna orsakar ökande temperaturer och att korna bör anpassas för att inte drabbas av värmestress. Hahn (1995) menar att de höga temperaturerna resulterar i att foderintaget hos korna minskar vilket därefter leder till en minskning i mjölkavkastningen. Bland följderna av värmestress som tagits upp i arbetet är det inte alla som uttrycks hos kon då deras mottaglighet för värmestress varierar (Brown-Brandl, 2018). Luftfuktigheten påverkar också värmestressen då figur 1 visar att korna klarar av högre temperaturer bättre om luftfuktigheten är lägre eftersom korna då kan avge värme bättre via svettning (Veterinary handbook, 2019). Om klimatförändringarna sker såsom Bernes (2016) förväntat och temperaturerna i södra Sverige sommartid ökar till 40 grader kommer korna drabbas av en allvarligare värmestress som inträffar tidigare under året och under en

längre period om inte RH också sjunker. Med hjälp av THI kan graden av värmestress hos kon förutspås och därmed förhindras.

De skillnader som denna litteraturstudie funnit mellan *Bos taurus* och *Bos indicus* redovisas i tabell 1. Enligt Hansen (2004) skiljer sig underarterna åt beträffande deras karaktäristiska egenskaper där *Bos indicus* är specialiserad på värmeterolerans och *Bos taurus* på mjölkavkastning och hög tillväxt. Studierna i arbetet menar att *Bos indicus* mindre kroppsvikt tyder på en anpassning för att minska kontaktytan för solstrålning och därigenom inte bli lika varm. De menar också att *Bos indicus* värmeterolerans beror på en högre densitet av svettkörtlar som bidrar till att värmeförlusterna ökar via avdunstning. Värmeförlusterna underlättas av *Bos indicus* ljusa, korta och släta päls som reflekterar bort mer solstrålar och absorberar mellan 40 till 50% mindre strålning än de med mörk päls (Hansen, 2004). *Bos taurus*-rasernas pälssegenskaper varierar mer än *Bos indicus* rasernas från att ha kort till lång päls med färger från svart och vit till brun och röd. Deras päls är också tjock och tät istället för kort och slät (Rath, 1998). Becerril *et al.* (1993) menar att de metaboliska processerna skiljer underarterna åt gällande näringsbehovet och värmeproduktionen. *Bos indicus* har ett lägre näringsbehov och foderintag än *Bos taurus* vilket är fördelaktigt i tropiska länder där tillgången på foder med bra kvalitet är begränsad. De producerar då inte heller lika mycket värme genom den metaboliska värmeproduktionen som gör att de inte blir lika varma. *Bos taurus* ökade näringsbehov och metaboliska värmeproduktion är korrelerat till dess höga mjölkavkastning där mer näring krävs. En annan orsak till att *Bos indicus* inte är anpassade till att inhysas i moderna mjölkningssystem menar Toledo-Alvarado och Madalena (2016) är på grund av att de måste stimuleras av en kalv för att släppa ned mjölk. Bradley *et al.* (1998) anser också att *Bos indicus* inte är anpassad till ett inhysningssystem inomhus i grupper då de är mer svårhanterliga och aggressivare än *Bos taurus*. Könsmognaden inträffar betydligt tidigare hos *Bos taurus* då de blir könsmogna 6 till 12 månader tidigare än *Bos indicus* (Chenoweth, 1994). En tidig könsmognad är fördelaktigt ur produktionssynpunkt då kon kommer producera mer kalvar under sin livstid och ha mer laktationsperioder.

Tabell 1: Sammanfattning på skillnaderna mellan *Bos indicus* och *Bos taurus*

Egenskaper	<i>Bos indicus</i>	<i>Bos taurus</i>
Kroppsyta	Låg	Hög
Densitet på svettkörtlar	Hög	Låg
Pälsegenskaper	Ljus, kort och slät	Varierar från kort till lång med färger från svart och vit till brun och röd. Är främst tjock och tät.
Fästingresistens	Ja	Nej
Näringsbehov och födointag	Lågt	Högt
Metabolisk värmeökning	Låg	Hög
Mjölkavkastning	Låg	Hög
Mjölknedsläpp	Släpper inte ner mjölken om de inte stimuleras av en kalv	Släppa ned mjölk utan stimulans från en kalv
Köttkvalitet	Dålig mörhet	Hög mörhet
Könsmognad	15,6 månaders ålder till 40 månaders ålder	Runt 12 månaders ålder
Dräktighetsperiod	290 dagar till mer än 300 dagar	ca 280 till 285 dagar
Brunst	De tar längre tid på sig att bli brunstiga igen efter kalvning	Blir relativt snabbt brunstiga efter kalvning
Modersegenskaper	Starka	Svaga
Hantering	Svårhanterliga och aggressiva	Lätthanterliga och mindre aggressiva

Samtliga studier i arbetet tyder på att *Bos taurus* egenskaper inte är anpassade till de höga temperaturerna i och med klimatförändringarna. O'Neill *et al.* (2010) påstår att *Bos taurus* låga värmetolerans beror på att de utsatts för avelsprogram med fokus på mjölkavkastning och tillväxt vilket inte är hållbart för framtiden. *Bos taurus* låga värmetolerans beror också på att de främst är avlade i tempererade områden och i industrialiserade länder där moderna ventilerade ladugårdar funnits och att de då aldrig exponerats eller behövt anpassa sig till ett varmare klimat. I och med den höga konsumtionen har också mjölkavkastningen favoriserats i dessa områden. Dock har studien av Hammond *et al.* (1996) påvisat en skillnad mellan *Bos taurus* raserna där Senepol och Romosinuano visade på värmetolerans. Samma studie visar också att en korsning mellan Senepol och Hereford hade en förmåga att upprätthålla en konstant kroppstemperatur i ett varmt klimat. Det går alltså att öka värmetoleransen inom *Bos taurus* genom att korsa raser med bäst värmetolerans (Hammond *et al.*, 1996). Även om *Bos taurus* och *Bos indicus* båda kan uppvisa värmetolerans så finns det fortfarande fysiologiska skillnader

mellan dem. Andningsfrekvensen och mjölkavkastningen tycks vara karaktäristiskt lägre hos *Bos indicus* än *Bos taurus* oberoende av omgivningsförhållandena.

Den framtida kon bör enligt studierna i arbetet ha en ljus päls, liten kroppsvikt och kroppsytta, låg metabolisk hastighet, effektiv digestion, hög densitet av svettkörtlar, en hög mjölkavkastning, hög tillväxthastighet, hög mörhet och en tydlig brunst. Vissa av dessa egenskaper säger emot varandra då en högproducerande ko inte kan ha en låg metabolisk hastighet och samtidigt producera de stora volymer mjölk som krävs av kon. En ko med alla dessa egenskaper kan alltså inte utformas och dagens högproducerande kor kanske i och med detta inte är så anpassade för de framtida kraven inom värmeterolerans. En utmaning är dock den ökande befolkningen och den ökande konsumtionen av kött och mejeriprodukter som gör det ohållbart att minska mjölkavkastningen. För att öka värmeteroleransen hos *Bos taurus*-korna utan att påverka mjölkavkastningen och kvaliteten på slutprodukten kan genomisk selektion vara bästa lösningen. Genomisk selektion kartlägger generna kopplade till värmestress och med hjälp av THI kan graden av värmestress hos individerna därefter beräknas. De individerna med bäst värmeterolerans kan sedan användas i ett avelsprogram. Det kan dock ta flera generationer innan kon är värmeterolerant med genomisk selektion än om korsningsavel använts genom att köpa sperma från en Brahman och avla med en *Bos taurus* ko. Med korsningsavel skulle däremot mjölkavkastningen och andra produktionsegenskaper försämrast. En annan lösning kan vara att kombinera avel med skötsel för att öka chansen att få värmeteroleranta kor.

Det är dock svårt att dra slutsatser om den bästa lösningen för att anpassa korna till ett varmare klimat då både skötsel och avel har sina fördelar och nackdelar. Enligt McDowell (1996) är det snabbare och lättare för lantbrukaren att minska risken för värmestress genom att modifiera miljön korna lever i än att förändra deras gener genom avel. Skötsel och hantering lindrar och förebygger värmestressen hos den individuella kon direkt medan avel är fördelaktigt i ett långsiktigt perspektiv. Miljömodifieringar kan vara svåra att genomföra i utvecklingsländerna på grund av begränsningar i ekonomin på gården. Hansen (2004) menar att en alternativ lösning till den ökande värmeteroleransen är att inkorporera specifika värmeteroleranta gener från *Bos indicus* till *Bos taurus* samtidigt som oönskade gener undviks. När dessa specifika värmeteroleranta gener hos *Bos indicus* identifierats kan avelsstrategier som genomisk selektion användas för att ytterligare utnyttja *Bos indicus* genotyper (Hansen, 2004). Gaughan *et al.* (2010) menar att korsningsavel med ett högt innehåll av *Bos indicus* rasen Brahman ökar värmeteroleransen men då kommer också *Bos indicus* sämre mjölkavkastning och tillväxt att nedärvas. En fråga är då om vinsten med anpassningsförmågan till bättre värmeterolerans väger upp förlusterna av *Bos indicus* sämre produktionsegenskaper. Valet av åtgärd är enligt Carabaño *et al.* (2019) beroende av gårdens egna resurser och förutsättningar gällande näring, förvaltning och investeringskapacitet.

Det är rimligt att världens befolkning anpassar konsumtionen till att konsumera mindre kött och mejeriprodukter eftersom ett avelsprogram för en ännu högre mjölkavkastning och tillväxt på kor inte skulle gynna värmeteroleransen. Lantbrukaren kan annars behöva ha mer kor på gården för att öka gårdens totala avkastning, vilket inte är hållbart både ekonomiskt och miljömässigt. Godfray *et al.* (2010) menar att ungefär 82% världens population av kor befinner sig i

utvecklingsländerna. Utvecklingsländernas ökade inkomster leder till förändrade konsumtionsvanor som kan vara svåra att påverka. Det är då viktigt att förstå att korna måste anpassas för de framtida kraven med högre temperaturer och den ökande konsumtionen för att kunna fortsätta med att ha en produktion där djuren mår bra samtidigt som de producerar bra.

En aspekt som saknas i flera av studierna är djurvälståndet där det krävs mer forskning. Både i produktionsaspekterna och ur aspekter gällande värmestress. Enligt Kadzere *et al.* (2001) är de högproducerande korna mer mottagliga för värmestress än de lågproducerande vilket gör det ur djurvälståndssynpunkt ohållbart med högproducerande kor som kan drabbas av värmestress.

Slutsats

Slutsatsen från denna litteraturstudie är att det finns skillnader mellan kons underarter där *Bos taurus*-korna inte klarar av de kommande klimatförändringarna i och med de ökade temperaturerna. Det finns dock skillnader mellan raserna inom underarterna där till exempel *Bos taurus*-rasen Senepol är värmetolerant. Valet av lösning för att anpassa korna för värmetolerans är beroende av gårdens resurser och förutsättningar men genomisk selektion är den bästa lösningen för att öka värmetoleransen utan att minska mjölkavkastningen.

Referenser

- Becerril, C.M., Wilcox, C.J., Lawlor, T.J., Wiggans, O.R. & Webb, D.W. (1993). Effects of Percentage of White Coat Color on Holstein Production and Reproduction in a Subtropical Environment. *Journal of Dairy Science*, vol. 76 (8), ss. 2286–2291. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77565-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77565-7).
- Behl, R.; Behl, J.; Joshi, B. (2010). Heat tolerance mechanisms in cattle—status in zebu cattle: a review. *The Indian Journal of Animal Sciences*, v.80, n. 9, p. 1-12, <http://epubs.icar.org.in/ojs-2.3.12/index.php/IJAnS/article/view/893>
- Bernes, C. (2016). *En varmare värld*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Amnen/Klimat/Bildpuffar/tyri-test/> [2019-04-16].
- Blackshaw, J.K. & Blackshaw, A.W., (1994). Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 28595.
- Bradley, D.G., MacHugh, D.E., Cunningham, P. & Loftus, R.T. (1996). Mitochondrial diversity and the origins of African and European cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 93 (10), ss. 5131–5135.
- Bradley, D.G., Loftus, R.T., Cunningham, P. & MacHugh, D.E. (1998). Genetics and domestic cattle origins. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, vol. 6 (3), ss. 79–86. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6505](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6505)
- Brown-Brandl, T.M. (2018). Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Vol. 47 (0). DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>.
- Brown-Brandl, T.M., Nienaber, J.A., Eigenberg, R.A., Mader, T.L., Morrow, J.L. & Dailey, J.W. (2006). Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science*, vol. 105 (1–3), ss. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.04.012>.
- Carabaño, M.J., Ramón, M., Menéndez-Buxadera, A., Molina, A. & Díaz, C. (2019). Selecting for heat tolerance. *Animal Frontiers*, vol. 9 (1), ss. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.1093/af/vfy033>.
- Chenoweth, P. (1994). Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Australian Veterinary Journal*, vol. 71 (12), ss. 422–426. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1994.tb00961.x>.
- Eigenberg, R.; Brown-Brandl, T. and Nienaber, J. (2010). Shade material evaluation using a cattle response model and meteorological instrumentation. *International Journal of Biometeorology* 54:601-607.
- European commission. (2016). *EU climate action*. Tillgänglig: https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_en. [2019-05-16].
- FAO. (2019). *Cattle*. Tillgänglig: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/dairy-animals/cattle/en/> [2019-05-10].
- FAO. (2011). *Behov av en effektivare och miljömässigt hållbar animalieproduktion*. Tillgänglig: <http://www.fao.org/liaison/nordic/74209/se/> [2019-05-15].
- FAO. (1987). *Crossbreeding bos indicus and bos taurus for milk production in the tropics*. Tillgänglig: <http://www.fao.org/3/t0095e/T0095E04.htm>. [2019-04-10].
- Fuquay, J. W. (1981). Heat stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*, vol. 52, pp. 164-174.
- Garner, J.B., Douglas, M.L., Williams, S.R.O., Wales, W.J., Marett, L.C., Nguyen, T.T.T., Reich, C.M. & Hayes, B.J. (2016). Genomic Selection Improves Heat Tolerance in Dairy Cattle. *Scientific Reports*, vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep34114>.

- Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Sullivan, M.L. & Hahn, G.L. (2010). Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. *International Journal of Biometeorology*, vol. 54 (6), ss. 617–627. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0233-4>.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. & Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, vol. 327 (5967), ss. 812–818. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1185383>.
- Hahn, G. L. (1995). Environmental management for improved livestock performance, health and well-being. *Japanese Journal of livestock management*. 30:113-127.
- Hammond, A.C., Olson, T.A., Chase, C.C., Bowers, E.J., Randel, R.D., Murphy, C.N., Vogt, D.W. & Tewolde, A. (1996). Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus, and Hereford cattle in Florida. *Journal of Animal Science*, vol. 74 (2), ss. 295–303.
- Hansen P.J, (2004). Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Department of animal science*. Vol. 82-82, ss. 349-360. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>
- Hicks, L.C., Hicks, W.S., Bucklin, R.A., Shearer, J.K., Bray, D.R., Soto, P. & Carvalho, V. (2001). Comparison of methods of measuring deep body temperatures of dairy cows. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, pp. 432-438.
- Ingram, D. L., and Dauncey, M. J. (1985). Thermoregulatory behaviour, in *Stress Physiology in Livestock*, Vol. 1, Basic principles, Yousef, M. K., Ed., CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Johnson, H.D. (1980). Depressed chemical thermogenesis and hormonal function in heat. In: Environmental Physiology Aging, Heat and Attitude. Horvath and M.K. Yousef (Eds.), Elsevier Publishers, North Holland; New York.
- Jordan, E.R., (2003). Effects of Heat Stress on Reproduction. *Journal of Dairy Science* 86, 104114.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N. & Maltz, E., (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77, 59-91.
- Karl, T.R. & Trenberth, K.E. (2003). Modern global climate change. *Animal Science*, vol. 302 (5651), ss. 1719-1723. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.1090228>.
- Kendall, P.E., Nielsen, P.P., Webster, L.R., Verkerk, G.A., Littlejohn, R.P. & Matthews, L.R., (2006). The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science* 103, 148-157.
- Mader, T. L.; Hungerford, L. L.; Nienaber, J. A.; Buhman, M. J.; Davis, M. S.; Hahn, G. L.; Cerkoney, W. M. and Holt, S. M. (2005). Heat stress mortality in Midwest feedlots. *American Society of Animal Science* 2-2.
- McDowell, R.E., Wilk, J.C. & Talbott, C.W. (1996). Economic Viability of Crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for Dairying in Warm Climates. *Journal of Dairy Science*, vol. 79 (7), ss. 1292–1303. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76484-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76484-6).
- McManus, C., Prescott, E., Paludo, G.R., Bianchini, E., Louvandini, H. & Mariante, A.S. (2009). Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livestock Science*, vol. 120 (3), ss. 256–264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.014>.
- Naik, S.N. (1978). Origin and domestication of Zebu cattle (*Bos indicus*). *Journal of Human Evolution*, vol. 7 (1), ss. 23–30. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(78\)80032-3](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(78)80032-3).
- O'Neill, C.J., Swain, D.L. & Kadarmideen, H.N. (2010). Evolutionary process of *Bos taurus* cattle in favourable versus unfavourable environments and its implications for genetic selection: Evolutionary

- process of *B. taurus*. *Evolutionary Applications*, vol. 3 (5–6), ss. 422–433. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00151.x>.
- Polsky, L. & von Keyserlingk, M.A.G. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, vol. 100 (11), ss. 8645–8657. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>.
- Rath, S. 1998. *The Complete Cow*. Vancouver, B.C: Raincoast Book.
- Sackett D, Holmes P, Abbott K, Jephcott S, Barber B. (2006). Assessing the economic cost of endemic disease on the profitability of Australian beef cattle and sheep producers – Final report AHW.087. Meat and Livestock Australia Limited. Nth Sydney NSW 2059.
- Sanderson, M.G., Hemming, D.L., Betts, R.A. (2011). Regional temperature and precipitation changes under high- end ($\geq 4^{\circ}\text{C}$) global warming. *Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, physical and engineering science*, vol. 369 (1934), ss. 85-98. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0283>
- Schütz, K. E., Rogers, A. R., Cox, N. R., and Tucker, C. B. (2009). Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science*. 116: 28-34.
- Skuce, P.J., Morgan, E.R., Dijk, J. van & Mitchell, M. (2013). Animal health aspects of adaption to climate change: beating the heat and parasites in a warming Europe. *Animal science*, vol. 7 (s2), ss. 333-345. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111300075X>.
- St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. (2003). Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of dairy science*. 86 (E suppl): E52- E77.
- Thatcher, W.W. (1974). Effects of season, climate and temperature on reproduction and lactation. *Journal of dairy science*. 57, 360-369.
- Toledo-Alvarado, H. & Madalena, F. (2016). Animals that Produce Dairy Foods: *Bos indicus* Breeds and *Bos indicus* × *Bos taurus* Crosses. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. ss. 1–14.
- Veterinary handbook. (2019). *Veterinary handbook for cattle, sheep and goats*. Tillgänglig: <http://www.veterinaryhandbook.com.au/> [2019-06-05]
- Vuure, C.V. (2005). *Retracing The Aurochs: History, Morphology & Ecology of an Extinct Wild Ox*. Sofia: Pensoft Pub.
- Wolfe, M.J., et al. (2008). Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica*, v. 163,p. 323346,